



**Nuno Ricardo Teixeira
Garrido**

**Quantificação da absorção de carbono no Vale do
Lima**

dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ecologia, Biodiversidade e Gestão de Ecossistemas, realizada sob a orientação científica do Prof. Dr. José Vítor Sousa Vingada, professor auxiliar do Departamento de Biologia da Universidade do Minho

o júri

presidente

Prof. Dr. Fernando José Mendes Gonçalves

professor associado com agregação do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro

Prof. Dr. José Vítor Sousa Vingada

professor auxiliar do Departamento de Biologia da Universidade do Minho

Prof. Dr. Pedro Alexandre Faria Fernandes Teixeira Gomes

professor auxiliar do Departamento de Biologia da Universidade do Minho

Dr. Bruno Branco Castro

investigador do departamento de Biologia da Universidade de Aveiro

agradecimentos

O presente trabalho implicou o envolvimento e esforço de várias pessoas, cuja experiência e dedicação tornaram possível a sua realização. Saliento o papel do Prof. Doutor José Vingada pela disponibilidade e orientação ao longo de todo o trabalho.

Pela ajuda no trabalho de campo agradeço ao Darius, Jorge, Rui, Sr. Joaquim, Zeca, Nelson e Marcos.

Ao Parque Nacional da Peneda-Gerês, por todos os meios postos ao dispor na realização do trabalho de campo e apoio técnico prestado.

Por último agradeço a todas as pessoas que me acompanharam ao longo desta jornada, principalmente à minha família e à Patrícia.

resumo

O presente trabalho tem como objectivo quantificar o potencial do Vale do Lima para actuar como sumidouro de carbono. Estes projectos estão consagrados no Protocolo de Quioto como mecanismo de combate às alterações climáticas, sendo que para a sua execução é essencial a realização de estudos como o que foi efectuado.

O trabalho foi realizado entre Outubro de 2004 e Maio de 2005 numa área de aproximadamente 4000 hectares maioritariamente inserida nos limites do Parque Nacional da Peneda-Gerês (PNPG).

Tendo como base o inventário florestal do PNPG, foram identificados diferentes tipos de povoamentos florestais, nos quais se realizaram pontos de amostragem de modo a calcular o stock iniciais de carbono existentes na área de estudo. Foram também feitas projecções a 20 anos da quantidade de carbono absorvido na área do projecto.

As estimativas não consideram o coberto arbustivo, incidindo apenas sobre o coberto florestal, sendo que neste foram considerados os estratos: arbusto, manta morta e floresta.

Os cálculos efectuados demonstram um stock inicial de aproximadamente 290000 toneladas de CO₂ equivalente. Com as projecções a vinte anos o projecto tem a capacidade de absorver aproximadamente 730000 toneladas de CO₂ equivalente.

abstract

The objective of this work is to quantify the potential of the Lima valley to act as a carbon sink. These projects are mentioned in the Kyoto protocol as tools for fighting climate change, being essential to their achievement studies like the one that was made.

The study was conducted between October of 2004 and May of 2005 in an area of approximately 4000 hectares mainly in the Peneda-Gerês National Park (PNPG).

Having as support the forest inventory of the PNPG, different kinds of stands were identified, in which sample points were placed in order to estimate the initial carbon stock in the study area. Twenty years projections of the amount of carbon absorbed by the project were also made.

The estimates didn't consider shrubland, focusing only on forest areas and within these, three strata were considered, shrub, dead material and forest. Calculation demonstrates an initial stock of approximately 290000 tons of equivalent CO₂. Twenty year projections show that the project has the capacity to shrub around 730000 tons of equivalent CO₂.

Índice

1. Introdução e objectivos	1
2. Métodos.....	7
3. Resultados e discussão.....	13
4. Considerações finais	22
5. Referências bibliográficas	24
Anexo I	29

1. Introdução e objectivos

Perante o aumento de concentrações de gases causadores do efeito de estufa (GEE's), nomeadamente o dióxido de carbono, na atmosfera terrestre e o seu potencial impacto no clima do nosso planeta (IPCC, 2001), existe uma crescente preocupação, a nível global, em tentar diminuir a concentração destes gases na atmosfera terrestre.

As principais causas deste aumento prendem-se com o consumo de combustíveis fósseis e mudanças do uso de solo. A cada vez maior demanda de energia a nível global tem levado a um aumento do consumo de combustíveis fósseis. Aliado a este factor, a constante destruição das florestas, principal depósito de carbono, em sistemas terrestres, a nível mundial (Saugier, Roy & Mooney, 2001), essencialmente para actividades relacionadas com a agricultura e a agro-pecuária tem contribuído para o aumento dos GEE's na atmosfera. A agricultura comparada com outras actividades humanas ocupa a maior área de terra correspondendo a cerca de 35% (Betts e Falloon, 2007). Aliada a esta escala, a maneira intensiva, como é levada a cabo, faz com que esta actividade seja responsável por emissão de grandes quantidades de GEE's para a atmosfera (Salinger, 2007).

A resposta a uma problemática desta complexidade, tem de ser vista como um conjunto de soluções, tais como: eficiência energética, fontes energéticas alternativas e renováveis e absorção de carbono (Lytinski *et al.* 2006). Devido a esta complexidade, as respostas a nível global têm sido deficientes e tardias. Contudo nos últimos anos tem-se assistido a um consenso global cada vez maior na procura de soluções. Prova disso mesmo foi a assinatura em 1997 do protocolo de Quioto. Este acordo internacional, surge como consequência da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas, um tratado internacional, que surgiu em 1992 na Conferência sobre Ambiente e Desenvolvimento que teve lugar Rio de Janeiro. Desde a sua criação, este protocolo já foi ratificado por 187 países (UNFCCC), o que demonstra a crescente preocupação com a temática das alterações climáticas a nível mundial.

O protocolo de Quioto entrou em vigor em 2005 e tem como principal objectivo a redução das emissões de GEE's, por parte dos países que o ratificaram, em cerca de 5% durante o período de 2008-2012 em relação aos níveis verificados em 1990. As metas diferem entre países consoante se tratam de países considerados desenvolvidos ou em vias de desenvolvimento. O seu cumprimento deve ser conseguido através de políticas nacionais, contudo o protocolo de Quioto oferece aos países mecanismos adicionais, baseados no mercado: Comércio de emissões (também conhecido como mercado de carbono), MDL (mecanismo de desenvolvimento limpo) e Implementação conjunta (UNFCCC). Os países do anexo B do protocolo de Quioto comprometeram-se a reduzir as suas emissões no primeiro período de cumprimentos (2008-2012). O mercado de carbono, permite a países que possuem créditos de carbono "a mais" de os negociar com países que necessitem exceder a sua cota de emissões. O segundo mecanismo permite a países que se comprometeram a reduzir as suas emissões (países do anexo B) a desenvolver projectos de redução de emissões em países em vias de desenvolvimento. Estas reduções são transformadas em certificados de redução de emissões (CRE) que estes países (anexo B) podem usar para cumprir as suas metas de emissões. A implementação conjunta permite a países do anexo B, reduzir as suas emissões através da implementação de projectos de redução de emissões noutro país do anexo B.

Todos estes mecanismos têm subjacentes a redução de emissões de GEE's, quer seja por redução de emissões (tecnologias mais limpas, maior eficiência energética) ou por absorção de carbono.

A absorção de carbono, por sumidouros, é um dos mecanismos consagrados no protocolo de Quioto. Existem vários compartimentos dos sistemas naturais que podem armazenar carbono e actuar como sumidouros: o solo, o oceano, as florestas. A promoção da absorção de carbono pelo solo pode ser promovida pelas florestas, assim como em solos agrícolas. Quando os solos agrícolas são cultivados, parte do seu conteúdo em carbono orgânico é libertado para a atmosfera (cerca de 20-30% nas regiões temperadas e 50-75% nos trópicos) (Dumanski e Lal, 2004). Existem contudo diversos estudos que

demonstram que o carbono em solos agrícolas pode ser aumentado através de várias práticas (Desjardins e tal., 2001; Campbell e tal., 2005). Deve ser contudo referido que, nomeadamente em projectos florestais, a absorção de carbono pelo solo é um processo lento na primeira metade (20 anos), aumentando na segunda metade (20-40 anos) do tempo de vida deste tipo de projectos (Follet e tal., 2001).

As florestas apresentam-se como um modo relativamente barato no combate às alterações climáticas. Estudos antigos já especulavam sobre a possibilidade de combater o aumento de concentração de dióxido de carbono na atmosfera através da expansão das florestas mundiais (Sedjo, 1989). Estudos posteriores demonstraram de facto que o sequestro de carbono era um bom mecanismo, do ponto de vista custo/benefício, integrado num plano de estabilização de emissões de GEE's. Um estudo de Richards et. al (1993) demonstrou que a inclusão de sumidouros de carbono, num plano dos Estados Unidos da América para repor os níveis de dióxido de carbono aos níveis de 1990, reduziria em 80% os custos, comparado com um plano que focasse apenas emissões dos combustíveis fósseis. Este importante papel foi reconhecido, como referido anteriormente, no protocolo de Quioto, permitindo aos países incluir os sumidouros de carbono no seu balanço de emissões de carbono.

Aliado a estes benefícios, este tipo de projectos florestais, permite a criação de rendimentos para as populações residentes, contribuindo para um desenvolvimento sustentável destes núcleos populacionais. Além disso promove-se a conservação de habitats, contribuindo para a preservação das espécies, quando as acções de reflorestação são baseadas em espécies autóctones.

Na implementação deste projecto, este factor social foi tido em consideração, pois a metodologia que foi empregue (metodologia do carbono social) previa o envolvimento das populações residentes na área de estudo.

Carbono social

O Carbono Social (Rezende e Merlin, 2003) é o carbono absorvido/reduzido considerando acções que viabilizem e melhorem as condições de vida das comunidades envolvidas em projectos de redução de emissões, sendo avaliadas e monitorizadas de forma transparente e participativa, sem degradar a base dos recursos.

Este conceito surgiu da necessidade de garantir de forma efectiva que os projectos de redução e mitigação de emissões de GEE's pudessem contribuir para o desenvolvimento sustentável, e, para além disto, garantir um meio transparente de medir e dimensionar os ganhos sociais das comunidades inseridas nas áreas de projecto, bem como assegurar uma valorização dos serviços ambientais prestados pela comunidade e pela floresta. Este conceito já foi implementado em vários projectos no Brasil. A metodologia do Carbono Social é composta por directrizes básicas (que orientam as acções das comunidades e suas iniciativas) e por uma estrutura conceptual (gera um panorama da situação que agrega diversos elementos tais como perspectivas, recursos, estratégias, factores de ameaça e oportunidades, organizações políticas e sociais). As directrizes básicas são:

- é centrada nas comunidades;
- valoriza o potencial e recursos humanos;
- é participativa, dinâmica e flexível;
- é voltada para as relações locais e globais;
- é voltada para a análise do potencial da biodiversidade e dos ecossistemas;
- é voltada para a solução de problemas e a procura de sustentabilidade;
- procura a inclusão social e reconhece questões de género e outras formas de diferença social;
- reconhece as relações de poder e o contexto político.

A estrutura conceptual engloba um conjunto de recursos, cujo objectivo é avaliar a melhoria da vida das populações com a implementação do projecto.

Esta melhoria pode ser medida, por exemplo, pela melhoria na qualidade de vida, no rendimento mensal, redução de riscos e vulnerabilidades, melhoria na segurança alimentar e melhor uso dos recursos naturais. Contudo, esses resultados podem sofrer interferências diversas, como por exemplo o desejo das pessoas terem uma grande quantidade de recursos financeiros, o que acaba por impedir que outras tenham um mínimo de recursos, podendo também levar a um uso insustentável dos recursos naturais. A interacção com a biodiversidade e o tipo de manejo de carbono utilizado pode influenciar sensivelmente a dinâmica do conceito. Os recursos avaliados são:

- Recurso de Biodiversidade: representa o conjunto das espécies, ecossistemas e genes que formam a diversidade biológica existente em qualquer região. São aspectos relevantes neste componente, a integridade das comunidades naturais, o tipo de uso e interacção das comunidades humanas com a biodiversidade, o estado de conservação, as pressões e ameaças impostas às espécies nativas e a existência de áreas prioritárias para a conservação – *hotspots*.
- Recurso Natural: é o *stock* de recursos naturais (solo, água, ar, recursos genéticos) e serviços ambientais (protecção dos solos, manutenção dos ciclos hidrológicos, absorção da poluição, controlo de pragas, entre outros) de onde derivam os recursos para gerar um meio de vida.
- Recurso Financeiro: é o capital básico (dinheiro, crédito/débito, poupança e outros bens económicos) que está disponível para as pessoas e que lhes possibilita diferentes opções de meio de vida.
- Recurso Humano: é a habilidade, o conhecimento e a capacidade para o trabalho que as pessoas possuem, além de boa saúde. Estes itens somados tornam-se fundamentais para garantir uma estratégia diferente de meio de vida.
- Recurso Social: são os recursos sociais (rede de trabalho, reivindicações sociais, relações sociais, relacionamentos de confiança, associação em organizações sociais) que as pessoas procuram em busca de um meio de vida alternativo.

- Recurso de Carbono: refere-se ao tipo de manuseamento de carbono desenvolvido, podendo ser sequestro, sumidouro, substituição e conservação.

A possibilidade de os países poderem incluir sumidouros de carbono nos seus balanços de emissões, leva à necessidade de realizar estudos como este, em que é feito uma avaliação e quantificação do potencial de certas áreas, de funcionarem como sumidouros de carbono.

Assim este trabalho tem como objectivo avaliar o stock inicial de carbono na área de estudo nos diferentes povoamentos existentes. As parcelas de amostragem montadas para o efeito serviram como base durante a execução do projecto, que tem um horizonte temporal de vinte anos.

2. Métodos

2.1 Área de amostragem

O Parque Nacional da Peneda-Gerês (PNPG) (figura 1) é uma área classificada desde 1971 e a única área protegida em Portugal com o estatuto de Parque Nacional. É uma das mais importantes áreas protegidas no país e Sítio da Rede “Natura 2000”. É um terreno de orografia acidentada que inclui quatro dos destacados maciços montanhosos do Noroeste de Portugal (Serras da Peneda, do Soajo, Amarela e Gerês), duas áreas planálticas (Castro Laboreiro e Mourela) e os vales de dois grandes rios (Lima e Cavado), a litologia é predominantemente siliciosa (granitos e xisto) e o bioclima varia entre o Eutemperado Euocânico e o Mediterrânico Pluviestacional Semi-hiperoceânico (Honrado 2003).



Figura 1 – Localização geográfica do PNPG (fonte: PNPG)

A sua classificação como Parque Nacional teve por base as suas características paisagísticas, ecológicas e naturais, e, tem por objectivos principais a conservação e protecção dos recursos naturais, assim como a melhoria da qualidade de vida das suas populações. O PNPG possui uma área de aproximadamente 70000 hectares, situada entre 41° 40' e 42° 05' de latitude norte e 7° 50' e 8° 23' longitude oeste, ocupando o limite nordeste e noroeste das províncias do Minho de Trás-os-Montes respectivamente. A sua área distribui-se por cinco concelhos: Melgaço, Arcos de Valdevez, Ponte da Barca (do distrito de Viana do Castelo), Terras do Bouro (do distrito de Braga) e Montalegre (do distrito de Vila Real) e inclui uma população residente de

aproximadamente 11000 habitantes.

A área de estudo é de aproximadamente 4000 hectares e encontra-se maioritariamente inserida nos limites do PNPG (figura 2). Compreende as freguesias do Soajo, Gavieira, Cabana Maior, Gondoriz, Cabreiro, Sistelo, pertencentes ao concelho dos Arcos de Valdevez e as freguesias de Lindoso, Britelo, Entre Ambos-os-rios, Germil, Ermida, pertencentes ao concelho de Ponte da Barca.

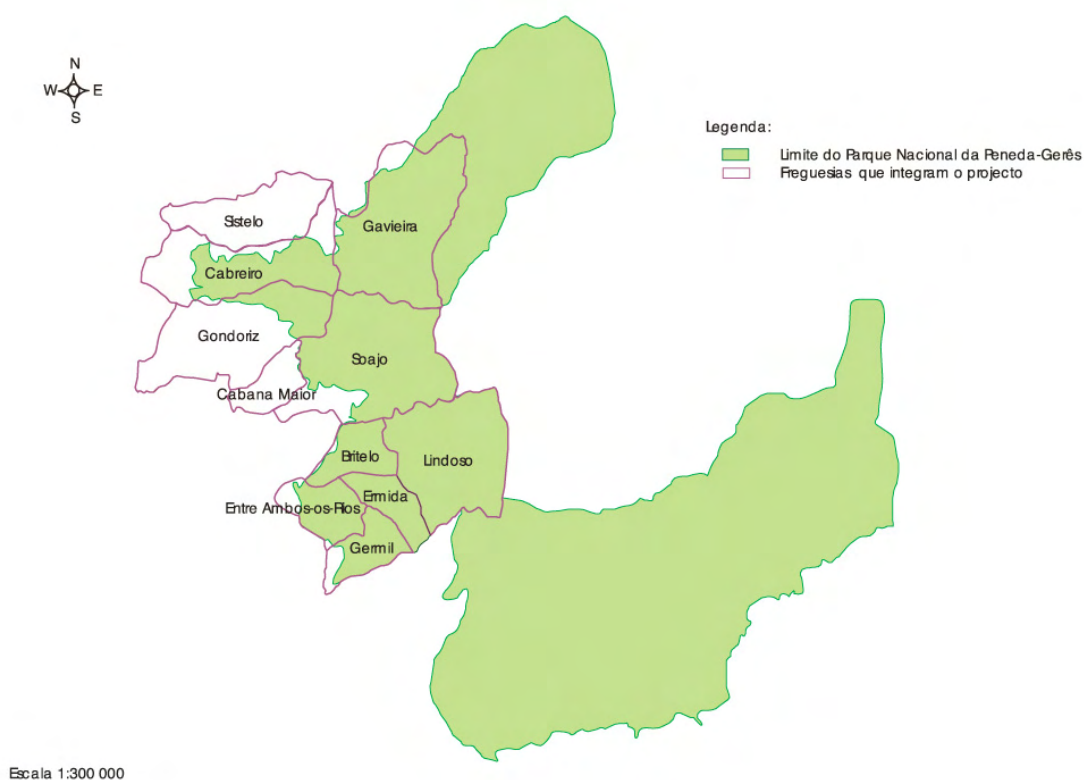


Figura 2 – Área do projecto do sumidouro de carbono do Vale do Lima

A amostragem efectuada para este trabalho teve por base o inventário florestal do P.N.P.G., realizado em 2003 (Rodrigues, 2003). Assim os tipos de povoamentos florestais amostrados foram os seguintes:

Tabela 1 – Tipos de povoamentos florestais considerados no estudo e respectivas áreas

Tipo de povoamento florestal	Área (ha)
Misto de Folhosas (<i>Quercus robur</i> , <i>Quercus suber</i> , <i>Quercus pyrenaica</i> , <i>Betula sp.</i> , <i>Castanea sativa</i> , <i>Fraxinus excelsior</i>)	1098,18
<i>Pinus sylvestris</i>	25,24
<i>Pinus pinaster</i>	546,43
<i>Pinus nigra</i>	1,96
Misto de Folhosas Resinosas (<i>Quercus robur</i> , <i>Quercus pyrenaica</i> , <i>Betula sp.</i> , <i>Pinus pinaster</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Chamaecyparis lawsoniana</i>)	37,13
Misto de Resinosas (<i>Pinus pinaster</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Chamaecyparis lawsoniana</i> , <i>Pseudotsuga sp.</i>)	1288,81
<i>Quercus suber</i>	27,92
<i>Betula sp.</i>	76,45
<i>Arbutus unedo</i>	28,51
<i>Quercus sp.</i>	805,04
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	3,97
Total	3939,64

2.2 Metodologia de amostragem

A metodologia de amostragem foi desenvolvida pelo ICRAF, tendo sido já aplicada num projecto de sequestro de carbono na Ilha do Bananal, no Brasil (Rezende e Merlin, 2003). Devido ao facto de ser uma metodologia adaptada de um projecto similar, optou-se por apresentá-la de forma detalhada e seguindo o texto proposto pelo ICRAF, pelo que a sua descrição se encontra no Anexo I.

A metodologia consiste em quantificar toda a biomassa acima do solo para cada ponto de amostragem. O número de pontos de amostragem variou para cada tipo de povoamento florestal consoante a área do mesmo, tendo-se utilizado uma estratégia estratificada em função da percentagem de cada tipo de povoamento. Deste modo nos povoamentos que apresentavam uma área superior a 10% da área de estudo foram amostrados 15 pontos, nos povoamentos com uma área entre 1% e 10% da área de estudo foram amostrados 7 pontos e nos povoamentos com uma área inferior a 1% da área de estudo foram amostrados 3 pontos.

A área de cada ponto de amostragem variou consoante a maior árvore presente no mesmo. Quando não havia nenhuma árvore com um DAP (diâmetro à altura do peito) superior a 30cm, a área do ponto de amostragem foi de 100m² (4 x 25m). Quando havia presença de uma árvore com um DAP superior a 30cm, a área de amostragem foi de 500m² (5 x 100m).

Após a delimitação da área de amostragem, o diâmetro de todas as árvores (vivas, mortas em pé e mortas no chão) (com DAP superior a 2,5cm) presentes no mesmo eram registados, assim como as respectivas alturas. Em cada ponto de amostragem foram também retiradas, aleatoriamente, duas amostras de manta morta e duas amostras do coberto arbustivo. As amostras do coberto arbustivo foram retiradas numa área de 1m² (1x1m), enquanto que as amostras de manta morta foram retiradas numa área de 0,25m² (0,25x0,25m).

As amostras de manta morta e do coberto arbustivo foram posteriormente pesadas no laboratório, sendo registado o peso total. De seguida uma pequena amostra foi pesada e colocada a secar numa estufa a 70°C durante 48h, após as quais foi registado o peso seco. Isto permitiu calcular a percentagem de humidade da amostra e posteriormente calcular o peso seco da amostra total correspondente.

Depois de obter todos os dados, a biomassa total por cada ponto de amostragem foi calculada. Após o cálculo da biomassa, o total de carbono por ponto foi calculado.

De referir que na conversão da biomassa em carbono, foi tomado como percentagem de carbono em relação à biomassa o valor de 45%. O valor, de percentagem de carbono na madeira, mais aceite actualmente é de 50%. Existe contudo alguma controvérsia relativamente a esta percentagem, não existindo consenso quanto a um valor exacto, variando este com a espécie e parte da árvore em causa (Lamlom e Savidge, 2003). Neste trabalho optou-se por utilizar o valor referido para não haver o risco de sobrestimar a quantidade de carbono.

2.3 Análise estatística

Para avaliar as diferenças entre os valores de carbono obtidos para cada tipo de povoamento foi utilizada uma análise de variância - ANOVA para cada um dos três estratos considerados: manta morta, floresta e arbusto. Antes da aplicação do teste da ANOVA, os dados foram analisados de forma a verificar se possuíam uma distribuição normal e homogeneidade de variâncias, tendo-se verificado que todas as variáveis cumpriam estes requisitos.

Os testes foram realizados utilizando o programa Prism 4.0 (GraphPad Software Inc.). O nível de significância utilizado para todos os testes foi de $P < 0.05$.

Para a análise estatística, os povoamentos florestais que apresentavam um menor número de pontos de amostragem, nomeadamente medronheiro, sobreiro, pinheiro-silvestre, pinheiro negro e cipreste-de-lawson, foram agrupados de modo a permitir o cumprimento dos pressupostos estatísticos necessários à aplicação da ANOVA. Assim o medronheiro e o sobreiro foram agrupados em Outras folhosas, enquanto que os restantes três foram agrupados em Outras resinosas.

3. Resultados e discussão

3.1 Stock inicial de carbono (totalidade dos estratos analisados)

Este trabalho permitiu quantificar os stocks de carbono existentes na área de estudo, de modo a permitir avaliar o potencial da mesma como sumidouro de carbono. Os resultados obtidos indicam que o stock inicial de carbono, na área de estudo, é de aproximadamente 290000 toneladas (tabela 1). Podemos constatar que os valores de carbono por hectare variam entre os diferentes tipos povoamento florestal.

Tabela 2 - Valores de totais de carbono e stock inicial de carbono para cada tipo de povoamento florestal.

Tipo de povoamento florestal	Total de carbono (ton/ha)	Área (ha)	Stock inicial de carbono (ton)
Misto de Folhosas	70,49	1098,18	77414,30
Pinheiro-silvestre	68,32	25,24	1724,41
Pinheiro bravo	59,78	546,43	32285,08
Pinheiro negro	74,92	1,96	146,85
Misto de Folhosas e Resinosas	102,16	37,13	3793,06
Misto de Resinosas	93,59	1288,81	120624,92
Sobreiro	79,87	27,92	2230,00
Vidoeiro	83,36	76,45	6373,14
Medronheiro	27,99	28,51	797,90
Carvalho	54,99	805,04	44268,30
Cipestre-de-lawson	93,86	3,97	372,64
TOTAL		3939,64	290030,61

Como referido anteriormente, para o tratamento estatístico houve necessidade de agrupar alguns povoamentos noutras classes. Assim o medronheiro e o sobreiro foram agrupados em Outras folhosas, enquanto que o pinheiro-silvestre, pinheiro negro e cipestre-de-lawson foram agrupados em Outras resinosas. É possível constatar (figura 2) que os povoamentos Misto de Folhosas e Resinosas e Misto de Resinosas são os que apresentam um valor maior de carbono.

Tabela 3 – Análise da variância para avaliar o efeito do tipo de povoamento na acumulação de carbono total, para cada um dos estratos individualizados e para o stock inicial (com todos os estratos analisados conjuntamente). Soma dos quadrados (SQ), Quadrado médio (QM), valor do teste F (F), Graus de liberdade (GL) e o valor de probabilidade (p).

	SQ	QM	F	GL (tratamento)	GL (resíduos)	P
Stock inicial de C	26710	3816	4,107	7	81	P < 0,001
C manta morta	223,5	31,93	3,787	7	82	P < 0,01
C arbusto	0,001588	0,0002268	2,186	7	82	P < 0,05
C floresta	26950	3850	4,243	7	81	P < 0,001

Foram encontradas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os povoamentos Misto de resinosas e Carvalho, e os povoamentos Misto de resinosas e Pinheiro bravo. O mesmo sucedeu entre os povoamentos entre Misto de folhosas e resinosas e Carvalho, e os povoamentos Misto de folhosas e resinosas e Pinheiro bravo (tabela 3 e 4).

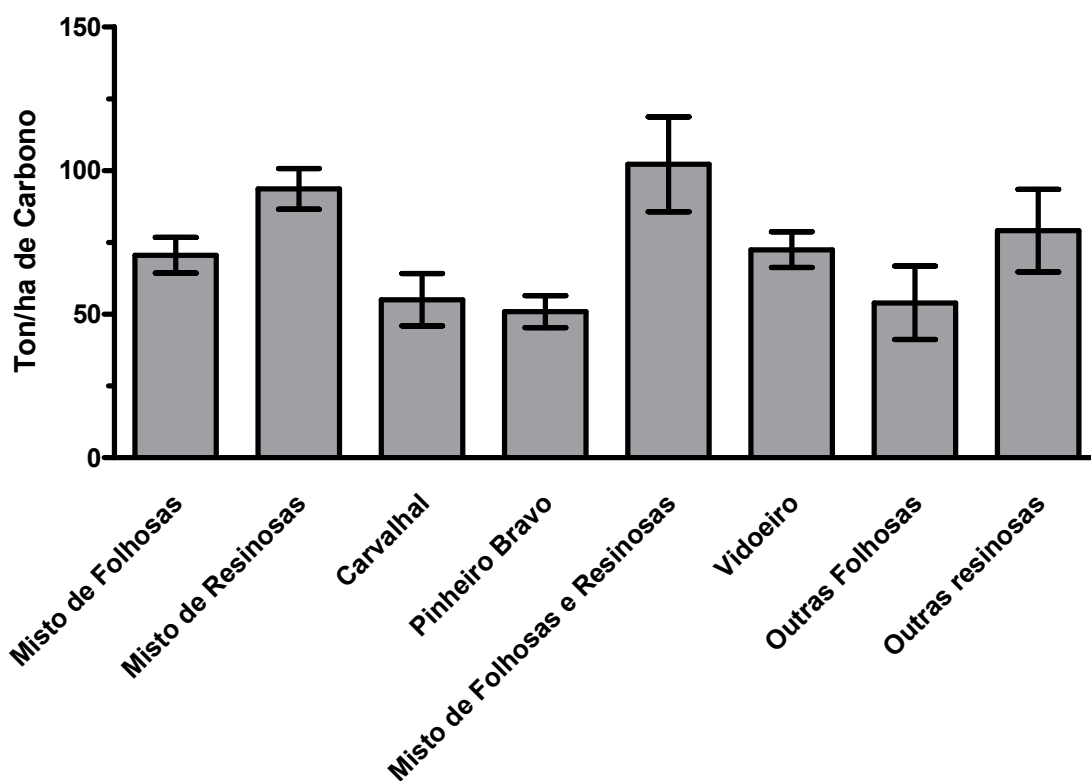


Figura 2 - Valores de carbono total (ton/ha) para cada tipo de povoamento florestal.

Tabela 4 – Resultados do teste “post-hoc” de Tukey onde são comparados os valores de carbono para os diferentes tipos de povoamento florestal. ns – não significativo; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

	Misto de folhosas	Misto de resinosas	Carvalho	Pinheiro bravo	Misto de folhosas e resinosas	Vidoeiro	Outras folhosas	Outras resinosas
Misto de folhosas	---							
Misto de resinosas	ns	---						
Carvalho	ns	*	---					
Pinheiro bravo	ns	**	ns	---				
Misto de folhosas e resinosas	ns	ns	*	*	---			
Vidoeiro	ns	ns	ns	ns	ns	---		
Outras folhosas	ns	ns	ns	ns	ns	ns	---	
Outras resinosas	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	---

Estas diferenças poderão ser explicadas devido à idade dos povoamentos amostrados. Nas amostragens efectuadas nos povoamentos de pinheiro bravo e nos carvalhais, verificou-se uma certa heterogeneidade no que respeita à idade dos povoamentos. Existiam povoamentos muito jovens e povoamentos mais velhos. É sabido que a idade dos povoamentos está relacionada directamente com a quantidade de biomassa e consequentemente com a quantidade de carbono armazenada (Huet et al. 2004; Peichl e Arain 2006; Peichl e Arain 2007; Kun e Dongsheng 2008; Johnson et al. 2003). Assim a heterogeneidade nos povoamentos de carvalho e pinheiro bravo poderá explicar as diferenças encontradas relativamente aos povoamentos de Misto de resinosas e Misto de folhosas e resinosas.

3.2 Valores de carbono por estrato

3.2.1 Manta morta

Olhando para os valores de carbono para cada estrato (tabela 5) verificamos que o estrato que mais contribui como sumidouro é o estrato floresta, seguido da manta morta e do estrato arbustivo existente no interior do povoamento. De referir que na área de amostragem o pastoreio é uma actividade importante, pelo que o estrato arbustivo é relativamente pobre devido a esta actividade. Em povoamentos onde isto não aconteça a sua acumulação poderá ser bastante mais significativa. Isto verifica-se para todos os tipos de povoamentos, e, está de acordo com outros estudos que demonstram que o estrato que tem mais potencial de biomassa e mais pode contribuir para o armazenamento de carbono é o que contém os componentes das árvores (ramos, tronco e folhas) (Peichl e Arain 2006). Contudo não se deve negligenciar outros estratos, que poderão ter uma contribuição importante, tais como vegetação de sub-coberto e vegetação do solo (estrato arbusto) e manta morta (Whittaker e Woodwell 1968; Long e Turner 1975).

Tabela 5 – Valores de carbono por estrato para cada tipo de povoamento florestal.

Tipo de povoamento florestal	Quantidade de carbono (ton/ha) por estrato		
	Manta morta	Arbusto	Floresta
Misto de Folhosas	3,69	0,0074	66,80
Pinheiro-silvestre	4,90	0,0083	63,41
Pinheiro bravo	7,40	0,0134	51,67
Pinheiro negro	2,26	0,0097	72,65
Misto de Folhosas e Resinosas	3,39	0,0055	98,76
Misto de Resinosas	7,24	0,0105	86,34
Sobreiro	5,45	0,0275	74,40
Vidoeiro	4,42	0,0018	78,95
Medronheiro	4,44	0,0130	23,53
Carvalho	3,63	0,0114	51,34
Cipreste-de-lawson	1,54	0,0159	92,31

Para o estrato manta morta, os valores mais elevados de carbono são encontrados para os povoamentos Pinheiro bravo e Misto de resinosas (figura 3). Contudo apenas se verificam diferenças estatisticamente significativas entre os povoamentos Misto de resinosas e Misto de folhosas, Misto de resinosas e Outras resinosas, e, Misto de resinosas e Carvalho (tabela 6). Tendo em

consideração que a maior parte do material considerado no estrato manta morta advém da deposição de folhada, ramos e outros materiais provenientes das árvores, e, que os povoamentos de pinheiros são considerados dos mais produtivos, em florestas temperadas (Peichl e Arain 2006), este factor poderá ser uma explicação para as diferenças encontradas entre os povoamentos Misto de resinosas e os povoamentos Carvalho e Misto de folhosas. Outro factor que poderá explicar estas diferenças tem a ver com as taxas de decomposição das folhadas das espécies de coníferas e de folha caduca. É sabido que as agulhas das coníferas, quando comparadas com espécies de folha caduca, são fontes de nutrientes fracas, por vezes com quantidades de óleos e com quitinas bastante resistentes, factores que contribuem para uma taxa de decomposição mais baixa (Sousa e tal. 1998; Adl 2003). A diferença verificada entre o povoamento Misto de resinosas e Outras resinosas poderá estar relacionado com o facto de os povoamentos do cipreste-de-lawson terem sido incluídos em Outras resinosas. Durante a realização do trabalho de campo, foi possível verificar que estes povoamentos apresentavam uma quantidade muito reduzida de agulhas depositada no solo. Isto poderá ter induzido para a ocorrência de um padrão inverso que afectou os valores de manta morta da classe Outras resinosas. Também o facto de as agulhas destas árvores serem menos resistentes pode ter contribuído para a sua mais rápida decomposição.

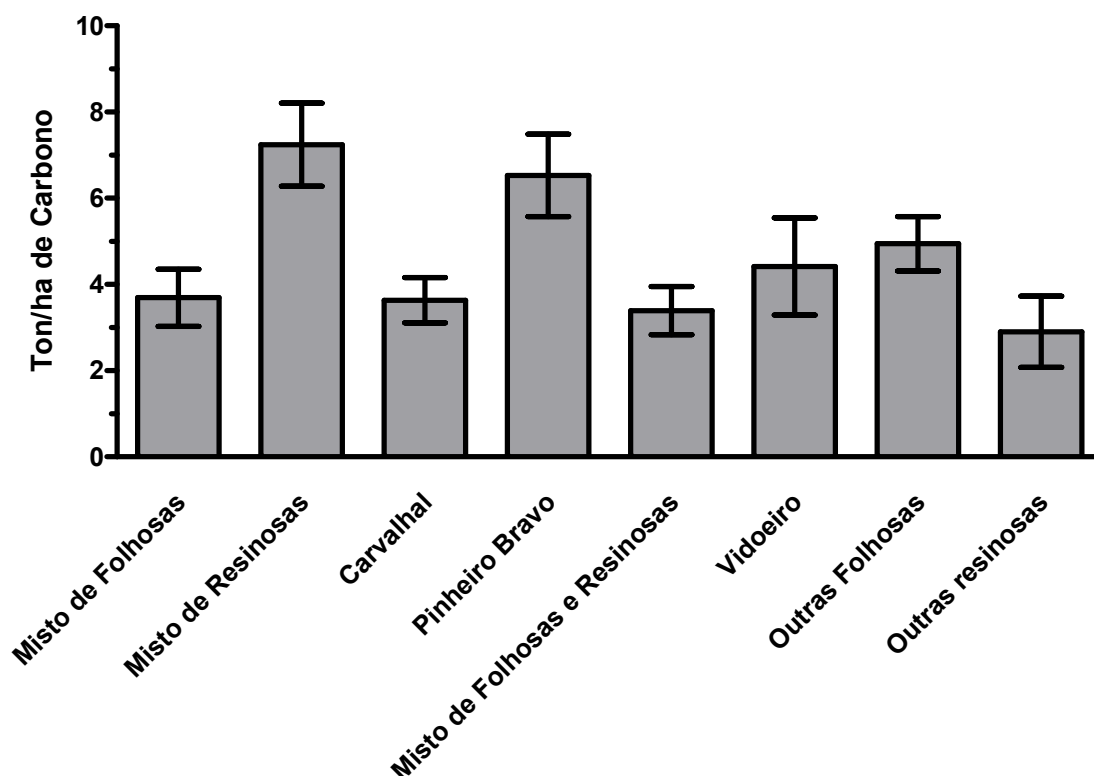


Figura 3 - Valores de carbono (ton/ha) correspondentes ao estrato manta morta, para cada tipo de povoamento florestal.

Tabela 6 – Resultados do teste “post-hoc” de Tukey onde são comparados os valores de carbono, para o estrato manta morta, para os diferentes tipos de povoamento florestal. ns – não significativo; * $p < 0,05$.

	Misto de folhosas	Misto de resinosas	Carvalho	Pinheiro bravo	Misto de folhosas e resinosas	Vidoeiro	Outras folhosas	Outras resinosas
Misto de folhosas	---							
Misto de resinosas	*	---						
Carvalho	ns	*	---					
Pinheiro bravo	ns	ns	ns	---				
Misto de folhosas e resinosas	ns	ns	ns	ns	---			
Vidoeiro	ns	ns	ns	ns	ns	---		
Outras folhosas	ns	ns	ns	ns	ns	ns	---	
Outras resinosas	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	---

3.2.2 Coberto arbustivo

No caso do estrato arbusto, verifica-se um valor maior de carbono para o tipo de povoamento Outras folhosas (figura 4). Verificaram-se diferenças estatisticamente significativas somente entre este povoamento e o Vidoeiro (tabela 7). A explicação para este facto está relacionada com o tipo de solos onde os vidoeiros costumam ser plantados. Normalmente são solos bastantes ricos em matéria orgânica (por vezes antigos lameiros) e com uma forte disponibilidade de água (por vezes chegam a ficar encharcados). Assim, sendo as espécies de arbusto existentes nos outros tipos de povoamentos, adaptadas a solos mais secos não se conseguem adaptar a este tipo de solo, sendo substituídas por um estrato herbáceo mais desenvolvido e diversificado.

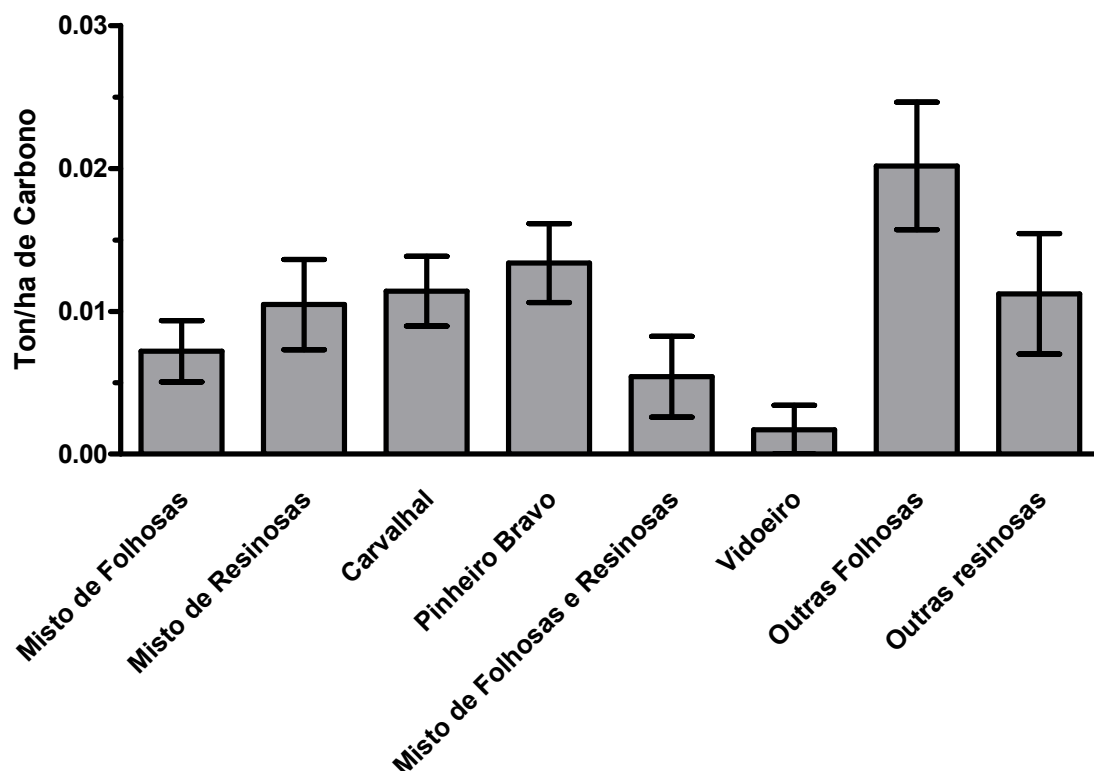


Figura 4 - Valores de carbono (ton/ha) correspondentes ao estrato arbusto, para cada tipo de povoamento florestal.

Tabela 7 – Resultados do teste “post-hoc” de Tukey onde são comparados os valores de carbono, para o estrato arbusto, para os diferentes tipos de povoamento florestal. ns – não significativo; * $p < 0,05$.

	Misto de folhosas	Misto de resinosas	Carvalho	Pinheiro bravo	Misto de folhosas e resinosas	Vidoeiro	Outras folhosas	Outras resinosas
Misto de folhosas	---							
Misto de resinosas	ns	---						
Carvalho	ns	ns	---					
Pinheiro bravo	ns	ns	ns	---				
Misto de folhosas e resinosas	ns	ns	ns	ns	---			
Vidoeiro	*	ns	ns	ns	ns	---		
Outras folhosas	ns	ns	ns	ns	ns	ns	---	
Outras resinosas	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	---

3.2.3 Floresta

Para o estrato floresta, os tipos de povoamento que apresentam valores mais elevados de carbono armazenado são o Misto de folhosas e resinosas e Misto de resinosas (figura 5). Observando a tabela 8, constata-se que existem diferenças significativas nos valores de carbono entre os povoamentos Misto de Resinosas e Carvalho, Misto de Resinosas e Pinheiro bravo e entre os povoamentos Misto de folhosas e resinosas e Carvalho e Misto de folhosas e resinosas e Pinheiro bravo. Estas diferenças poderão ser explicadas pela idade dos povoamentos. Os povoamentos de Misto de Resinosas e Misto de folhosas e resinosas são povoamentos consideravelmente mais velhos que os povoamentos de Pinheiro bravo e Carvalho. Para além disto, como já foi referido anteriormente, alguns povoamentos de pinheiro bravo e de carvalho eram muito jovens o que poderá ter contribuído para uma média de valores de carbono para estes povoamentos, ligeiramente inferior. Outro factor a ter em consideração é o tipo de espécies. As coníferas são árvores de crescimento mais rápido quando comparadas com as espécies de folha caduca sequestrando mais carbono quando comparadas com estas. Deve ser notado que apesar do crescimento mais rápido, estas espécies atingem o pico de produtividade mais cedo quando comparadas, por exemplo, com os carvalhos

(Yuste et al. 2005). Assim tendo em conta um horizonte temporal mais alargado, espécies como o carvalho serão melhores quando comparadas com coníferas em termos de sequestro de carbono.

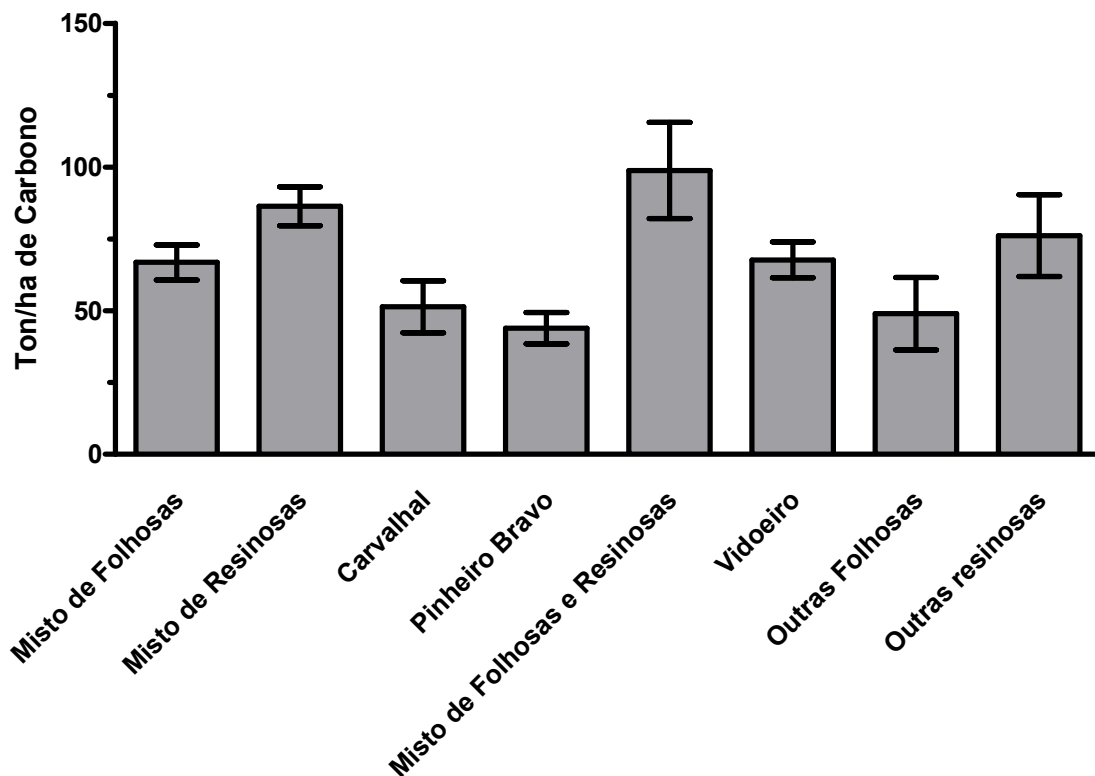


Figura 5 - Valores de carbono (ton/ha) correspondentes ao estrato floresta, para cada tipo de povoamento florestal.

Tabela 8 – Resultados do teste “post-hoc” de Tukey onde são comparados os valores de carbono, para o estrato floresta, para os diferentes tipos de povoamento florestal. ns – não significativo; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

	Misto de folhosas	Misto de resinosas	Carvalho	Pinheiro bravo	Misto de folhosas e resinosas	Vidoeiro	Outras folhosas	Outras resinosas
Misto de folhosas	---							
Misto de resinosas	ns	---						
Carvalho	ns	*	---					
Pinheiro bravo	ns	**	ns	---				
Misto de folhosas e resinosas	ns	ns	*	**	---			
Vidoeiro	ns	ns	ns	ns	ns	---		
Outras folhosas	ns	ns	ns	ns	ns	ns	---	
Outras resinosas	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	---

4. Considerações finais

Este projecto foi concebido tendo em vista um horizonte temporal de 20 anos. Assim, foram feitas estimativas da evolução do sumidouro ao longo deste tempo (figura 6). As estimativas foram feitas com taxas de crescimento anuais fornecidos pelo PNPG. De notar que estas taxas não entram em consideração com o decréscimo de produtividade dos povoamentos, associado ao aumento da idade e à estabilização dos crescimento em biomassa das árvores, pelo que estas estimativas são meramente indicativas da evolução da absorção de carbono com o tempo.

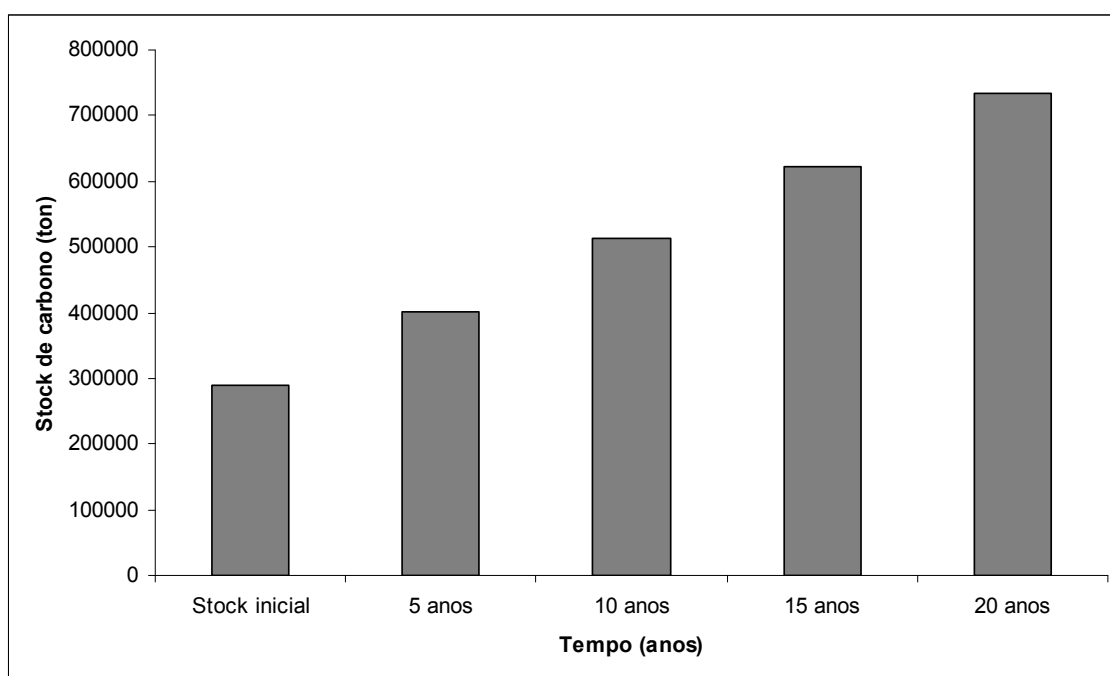


Figura 6 – Evolução do sumidouro de carbono do Vale do Lima a 20 anos.

Tendo em consideração os resultados obtidos, em termos de sequestro de carbono, o tipo de povoamento que seria o mais indicado para promover o máximo de absorção de carbono seria o misto de folhosas e resinosa. Este tipo de povoamento permite elevadas produtividades nos primeiros anos, devido às espécies resinosa. A longo prazo as espécies folhosas compensam a perda de produtividades das espécies resinosa, permitindo um contínuo sequestro de carbono.

Estudos como este são de vital importância na quantificação da capacidade de certas áreas de actuarem como sumidouros de carbono. Após a realização deste trabalho existem questões que devem ser referidas. No trabalho realizado não foram tidos em linha de conta o coberto arbustivo existente na área de estudo, nem o carbono do solo, pois a metodologia não previa a sua quantificação. O solo constitui uma reserva de carbono muito importante. Existem trabalhos que indicam que a percentagem de carbono no solo, é bastante elevada, chegando em alguns casos a ser superior ao carbono armazenado na vegetação (Weishampel e tal., 2003; Correia et al. 2005). Assim consideramos que seria importante no futuro a quantificação de todos os depósitos de carbono de modo a obter estimativas mais correctas.

5. Referências bibliográficas

Adl, S.M.; 2003 The Ecology of Soil Decomposition. CABI Publishing. 335 pp.

Betts, R.A.; Falloon, P.; Goldewijk, K.K.; Ramankutty, N.; 2007. Biogeophysical effects of land use on climate: Model simulations of radiative forcing and large-scale temperature change. *Agric. Forest Meteorol.* 142, 216–233.

Campbell, C.A.; Janzen, H.H.; Paustian, K.; Gregorich, E.G.; Sherrod, L.; Liang, B.C.; Zentner, R.P.; 2005. Carbon Storage in Soils of the North American Great Plains: Effect of Cropping Frequency. *Agronom. J.* 97, 349–363.

Collen, P.; Keay, E. J.; Morrison, B. R.S.; 2004. Processing of pine (*Pinus sylvestris*) and birch (*Betula pubescens*) leaf material in a small river system in the northern Cairngorms, Scotland. *Hydrology and Earth System Sciences* 8 (3), 567-577.

Correia, A.; Evangelista, M.; Ochoa, P.; Pereira, J. S.; 2005. programa O sequestro de carbono em ecossistemas de pinhal manso no sul de Portugal. Programa Agro – medida 8.2. O sequestro de carbono e a gestão florestal sustentável no sul de Portugal. Relatório final.

Dumanski, J.; Lal, R.; 2004. Theme paper: Soil Conservation and the Kyoto Protocol Facts and Figures. Agriculture and the Environment, Environment Bureau, Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, ONTARIO. Available at: http://www.agr.gc.ca/policy/environment/soil_cons_e.phtml (validated: November 5, 2004).

Friberg N.; Jacobsen, D.; 1994. Feeding plasticity of two detritivores-shredders. *Freshwater Biology* 32, 133-142.

Follet, R. F.; Pruessner, E. G.; Samson-Liebig, S. E.; Kimble, J. M. and Waltman, S. W.; 2001. “Carbon sequestration under the conservation reserve

program in the historic grasslands of the United States of America” in: R. Lal (ed), Soil carbon sequestration and the greenhouse effect: Vol. 57. *Soil Science Society of America Special Publication*, American Society of Agronomy. Madison, WI.

Honrado, J. J. P.; 2003. Flora e vegetação do Parque Nacional da Peneda-Gerês. Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Hutchinson, J. J.; Campbell, C. A; Desjardins, R.L.; 2007. Some perspectives on carbon sequestration in agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology* 142, 288–302

Huet, S.; Forgeard, F.; Nys, C.; 2004. Above- and belowground distribution of dry matter and carbon biomass of Atlantic beech (*Fagus sylvatica* L.) in a time sequence. *Ann. For. Sci.* 61, 683-694.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC); 2001. *Climate Change 2001, The Scientific Basis*. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY.

Janzen, H.H.; Desjardins, R.L.; Angers, D.A.; Boehm, M.M.; Campbell, C.A.; Carter, M.; Gibb, D.; Gregorich, E.G.; Kaharabata, S.K.; Lemke, R.; Masse', D.; McAllister, T.; McConkey, B.; Rochette, P.; Smith, W.N.; 2001. Mitigation practices for agricultural land in Canada: a summary of 'expert opinion'. Unpublished internal report of Agriculture and Agri-Food Canada, 13 pp.

John T. Litynski, Scott M. Klara, Howard G. Mcilvried and Rameshwar D. Srivastava; 2006. *Climate change* 74, 81-95.

Johnson, D. W.; Todd, Jr. D. E.; Tolbert, V. R.; 2003. Changes in ecosystem carbon and nitrogen in a loblolly pine plantation over the first 18 years. *Soil Sci. Soc. Am. Journal* 67, 1594-1601.

Kun, Y., Dongsheng, G., 2008. Changes in forest biomass carbon stocks in the Pearl River Delta between 1989 and 2003. *Journal of Environmental Sciences* 20, 1439-1444.

Lamlom, S. H.; Savidge, R. A.; 2003. A reassessment of carbon content in wood: variation within and between 41 North American species. *Biomass and Bioenergy* 25, 381-388.

Litynski, J. T.; Klara, S. M.; McIlvried, H. G.; Srivastava, R. D.; 2006. Na overview of terrestrial sequestration of carbon dioxide: the United States Departement of Energy's fossil energy R & D program. *Climate change* 74, 81-95.

Long, J.N.; Turner, J.; 1975. Aboveground biomass of understorey and overstorey in an age sequence of four Douglas-fir stands. *J. Appl. Ecol.* 12, 179–188.

Luis Alberto Arevalo; Júlio César Alegre; Luciano Javier Montoya Vilcahuaman. Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso de terra. 2002.

Peichl, M.; Arain, M. A.; 2006. Above – and belowground ecosystem biomass and carbon pools in an age-sequence of temperate pine plantations forests. *Agricultural and Forest Meteorology* 140, 51-63.

Peichl, M.; Arain, M. A.; 2007. Allometry and portioning of above- and belowground tree biomass in an age-sequence of white pine forests. *Forest Ecology and Management* 253, 68-80.

Rezende, D.; Merlin, S.; 2003. Carbono Social: agregando valores ao desenvolvimento sustentável. São Paulo: Peirópolis; Brasília, DF: Instituto Ecológica.

Richards, K.; Rosenthal, D.; Edmonds, J.; e Wise, M.; 1993. 'The Carbon Dioxide Emissions Game: Playing the Net', Paper presented at Western Economic Association 59th Annual Conference, Lake Tahoe.

Rodrigues, N. T.; 2003. Inventário florestal do Parque Nacional da Peneda-Gerês, Relatório de estágio, PNPG, Braga, 43 pp.

Salinger, J.; 2007. Agriculture's influence on climate during the holocene. *Agric. Forest Meteorol.* 142, 96–102.

Saugier, B.; Roy, J.; & Mooney, H.A.; 2001. Estimations of global terrestrial productivity: converging toward a single number? *Terrestrial Global Productivity* (eds J. Roy, B. Saugier & H.A. Mooney), pp. 543–557. Academic Press, San Diego, CA.

Sedjo, R.; 1989. Forests: A Tool to Moderate Global Warming?. *Environment* 31 (1), 14–20.

Smith, F. W.; Long, J. N.; 2001. Age-related decline in forest growth: an emergent property. *Forest Ecology and Management* 114, 175-181.

Sousa J.P.; Vingada J.V.; Loureiro S.; da Gama M.M.; Soares A.M.V.M. (1998). Effects of introduced exotic tree species on growth, consumption and assimilation rates of the soil detritivore *Porcelio dilatatus* (Crustacea: Isopoda). *Applied Soil Ecology*, 9 (1) 399-403.

United Nations Framework Convention on Climate Change; 2009.
<http://unfccc.int/2860.php>

Wieshampel, P.; Kolka, R.; Kin, J. Y.; 2009. Carbon pools and productivity in a 1-km(2) heterogeneous forest and peatland mosaic in Minnesota, USA. *Forest Ecology and management* 257 (2), 747-754.

Whittaker, R.H.; Woodwell, G.M.; 1968. Dimension and production relations of trees and shrubs in the Brookhaven Forest, New York. J. Ecol. 56, 1–25.

Yuste, J. C.; Konopka, B.; Janssens, I. A.; Coenen, K.; Xiao, C. W.; Ceulemans, R.; 2005. Contrasting net primary productivity and carbon distribution between neighboring stands of *Quercus robur* and *Pinus sylvestris*. Tree physiology 25 (6), 701-712.

Zerva, A.; Ball, T.; Smith, K. A.; Mencuccini, M.; 2004. Soil carbon dynamics in Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) chronosequence on a peaty gley. Forest Ecology and Management 205, 227-240.

ANEXO I

Metodologia para estimar o stock de carbono em diferentes biótipos

Etapa 1. Procedimento para determinar a biomassa vegetal

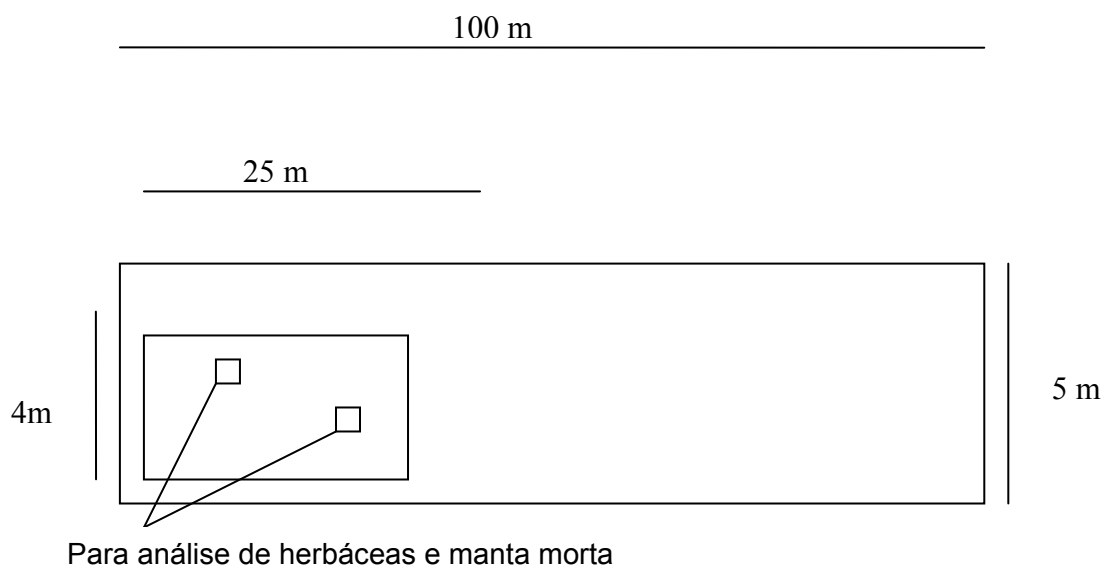
Biomassa arbórea viva

É representada por toda a biomassa (tronco, ramos e folhas) das árvores com diâmetros superiores a 2,5cm.

Para estimar o carbono armazenado na biomassa arbórea viva, marca-se ao acaso uma parcela de 4 x 25m, onde se realiza o inventário florestal, medindo-se a altura das árvores com um clinómetro e o diâmetro à altura do peito (DAP) de todas as árvores com DAP entre 2,5 e 30,0cm, empregando-se uma suta.

Se dentro desta parcela houver árvores com DAP superior a 30,0cm, é necessário marcar uma nova parcela de 5 x 100m, sobreposta.

Para as árvores, bifurcadas abaixo do DAP, a biomassa é estimada depois de calcular o diâmetro geral da árvore, utilizando a fórmula raiz quadrada da soma dos diâmetros dos troncos individuais.



Desenho de parcelas para a análise dos diferentes componentes da biomassa vegetal.

Em todos os casos, deve-se indicar:

- Nome local da espécie florestal;
- Descrever se é ramificada (R) ou não (NR);
- Indicar o índice de densidade da madeira da espécie (alta = 0,8; média = 0,6 ou baixa = 0,4).

Biomassa arbustiva e herbácea

É representada pela biomassa sobre o solo, originária em arbustos com menos de 2,5cm de diâmetro, de gramíneas e outras ervas.

Para estimar a biomassa marcam-se ao acaso dois quadrantes de 1 x 1m, dentro das parcelas de 4 x 25m ou de 5 x 100m segundo o estabelecido. Nestas, corta-se toda a biomassa ao nível do solo. Registra-se o peso fresco total por m² e deste, recolhe-se uma amostra (aproximadamente 300g) para posterior secagem em estufas de ar quente a 70°C até atingir o peso seco constante.

O peso seco da amostra é estimado em t/ha e, este valor multiplica-se pelo factor de 0,45, obtendo-se a quantidade de carbono contida nesta biomassa.

Biomassa de manta morta

É representada pela biomassa de galhos, ramos e outros materiais mortos acumulados.

Para estimar o carbono armazenado neste estrato, marca-se dentro dos quadrantes de 1 x 1m, um sub-quadrante de 0,5 x 0,5m. Neste, recolhe-se toda a manta morta e regista-se o peso fresco total, em 0,25m². Desta, retira-se uma sub-amostra e regista-se o peso, sendo posteriormente seca em estufa a 70°C até se obter peso seco constante.

O peso seco da sub-amostra é estimado em t/ha e este valor multiplica-se pelo factor de 0,45, obtendo-se a quantidade de carbono nesta biomassa.

Biomassa de árvores mortas em pé

A biomassa das árvores mortas em pé é estimada tanto nas parcelas de 4 x 25m como nas parcelas de 5 x 100m de acordo com o DAP das árvores, de forma a simular a estimativa da biomassa arbórea viva.

Biomassa de árvores caídas mortas

De igual modo ao caso anterior, medem-se as árvores caídas mortas nos quadrantes de 4 x 25m ou de 5 x 100m, registrando-se o diâmetro médio e o comprimento da árvore dentro do quadrante.

Se a árvore caída atravessar a parcela, regista-se somente o comprimento da parte compreendida que está dentro da mesma.

Etapa 2. Cálculos para determinar o carbono na biomassa vegetal total

São vários os modelos para estimar os volumes de biomassa arbórea, todos indirectamente, por inferência de suas principais medidas biométricas, geralmente, altura, DAP e densidade da madeira ou da espécie arbórea.

Cálculo da biomassa arbórea viva (kg/árvore)

Para calcular a biomassa de cada uma das árvores vivas e mortas em pé, utiliza-se a seguinte equação:

$$BA = 0,1184 * DAP^{2,53}$$

Onde:

BA = biomassa de árvores vivas e mortas em pé

0,1184 = constante

DAP = diâmetro da altura do peito DAP (cm)

2,53 = constante

Para calcular a quantidade de biomassa por hectare, deve-se somar a biomassa de todas as árvores medidas e registadas (BTAV), seja na parcela de 4m x 25m ou de 5m x 100m, ou seja:

$$BAVT (t/ha) = BTAV \times 0,1$$

Ou

$$BAVT (t/ha) = BTAV \times 0,02$$

Onde:

BAVT = biomassa total de árvores vivos em t/ha

BTAV = biomassa total na parcela de 4m x 25m ou de 5m x 100m

0,1 = factor de conversão quando a parcela é de 4m x 25m

0,02 = factor de conversão quando a parcela é de 5m x 100m

Cálculo da biomassa de árvores mortas em pé (kg/árvore)

Para estimar a biomassa de árvores mortas em pé, utiliza-se a mesma fórmula apresentada anteriormente, ou seja:

$$\text{BAMP (kg/árvore)} = 0,1184 \times \text{DAP}^{2,53}$$

Onde:

BAMP = biomassa de árvores vivas e mortas em pé

0,1184 = constante

DAP = diâmetro da altura do peito DAP (cm)

2,53 = constante

Para calcular a quantidade desta biomassa em t/ha, deve-se somar a biomassa de todas as árvores mortas em pé (BAMP), seja na parcela de 4m x 25m ou de 5m x 100m, ou seja:

$$\text{BTAMP (t/ha)} = \text{BAMPP} \times 0,1$$

Ou

$$\text{BTAMP (t/ha)} = \text{BAMPP} \times 0,02$$

Onde:

BTAMP = biomassa total de árvores mortas em pé em t/ha

BAMPP = biomassa de árvores mortas em pé dentro da parcela

0,1 = factor de conversão quando a parcela é de 4m x 25m

0,02 = factor de conversão quando a parcela é de 5m x 100m

Cálculo da biomassa de árvores caídas mortas

Usar a seguinte equação:

$$\text{BACM (kg/árvore)} = 0,4 \times \text{DAP}^2 \times L \times 0,25 \times \pi$$

Onde:

BAMC = biomassa de árvores mortas caídas

0,4 = densidade (valor assumido por convenção)

DAP = diâmetro a altura do peito (cm)

L = comprimento da árvore (m)

0,25 = constante

π = pi, constante (3,1416)

Para calcular a quantidade de biomassa em t/ha, deve-se somar a biomassa de todas as árvores caídas mortas (BACMP) medidas e registada seja na parcela de 4m x 25m ou de 5m x 100m, ou seja:

$$\text{BTACM (t/ha)} = \text{BACMP} \times 0,1$$

Ou

$$\text{BTACM (t/ha)} = \text{BACMP} \times 0,02$$

Onde:

BTACM = biomassa total de árvores caídas mortas em t/ha

BACMP = biomassa total das árvores caídas mortas na parcela de 4m x 25m ou na de 5m x 100m

0,1 = factor de conversão quando a parcela é de 4m x 25m

0,02 = factor de conversão quando a parcela é de 5m x 100m

Cálculo da biomassa arbustiva/herbácea (t/ha)

Para estimar esta biomassa em t/ha, deve-se utilizar a seguinte equação:

$$AH \text{ (t/ha)} = (PSM/PFM) \times 0,1$$

Onde:

AH = biomassa arbustiva/herbácea, matéria seca

PSM = peso seco da amostra colectada

PFM = peso fresco da amostra colectada

0,1 = factor de conversão quando a parcela é de 4m x 25m

Cálculo da biomassa de manta morta

Para estimar esta biomassa em t/ha, deve-se utilizar a seguinte equação:

$$BH \text{ (t/ha)} = (PSM/PFM) \times PFT \times 0,04$$

Onde:

BH = biomassa da manta morta, matéria seca

PSM = peso seco da amostra colectada

PFM = peso fresco da amostra colectada

PFT = peso fresco total por metro quadrado

0,04 = factor de conversão (para passar valores de densidade das parcelas para hectare)

Cálculo da biomassa vegetal total (t/ha)

$$\text{BVT (t/ha)} = (\text{BAVT} + \text{BTAMP} + \text{BTACM} + \text{BAH} + \text{BH})$$

Onde:

BVT = biomassa vegetal total

BAVT = biomassa total de árvores vivos

BTAMP = biomassa total das árvores mortas em pé

BTACM = biomassa total das árvores caídas mortas

BAH = biomassa arbustiva e herbácea

BH = biomassa da manta morta

Etapa 3. Cálculo do carbono total

Cálculo do carbono na biomassa vegetal total (t/ha)

$$\text{CBV (t/ha)} = \text{BVT} \times 0,45$$

Onde:

CBV (t/ha) = carbono na biomassa vegetal

BVT = biomassa vegetal total

0,45 = constante